Experimentelle Untersuchungen

über die Bedeutung des

menschlichen Mundspeichels

für die

Verdauung im Magen,

insbesondere des Brotes.

Aus dem Laboratorium der medic. Klinik von Prof. *v. Leube* in Würzburg.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDICINISCHEN FAKULTÄT

DER

K. B. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

VORGELEGT VON

Victor Weinstein

AUS

MOHILEW-PODOLSK (RUSSLAND).

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

WÜRZBURG

DRUCK DER STAHEL'SCHEN K. HOFBUCHDRUCKEREI

1899.

REFERENT:

HERR PROFESSOR DR. V. LEUBE.

Die Leistungen des Mundspeichels lassen sich in physikalische und chemische zergliedern. Den ersteren wird meist die grössere Bedeutung zugeschrieben, indem man sagt, die Hauptaufgabe des Speichels bestehe darin, die festen trockenen Speisen mit Flüssigkeit zu durchtränken und schlüpfrig zu machen, denn ohne diese Durchtränkung sei es nicht möglich, die Speisen zu schlucken, wie Erfahrungen aus der Pathologie — Schlingbeschwerden bei Atropinvergiftung infolge Versiegen der Speichelsecretion u. ä. — es lehren. Physikalisch wirkt der Speichel auch, indem er durch seinen Wassergehalt eine Reihe von Stoffen zu lösen vermag, die so der Resorption zugänglich gemacht werden, theilweise auch in gelöster Form auf die Geschmacksnerven der Mundhöhle einwirken und durch den gesetzten Reiz nicht nur eine Geschmacksempfindung hervorrufen, sondern auch fördernd auf die Verdauung durch Anregung der Magensecretion einwirken, wie uns Thierexperimente zeigen.

Die chemischen Leistungen des Speichels bestehen darin, dass er, vermöge seines Gehaltes an $NaHCO_3$ und ferner CO_2, den Säure- und Alkalescenzgrad der Speisen abzustumpfen und dadurch die Reaction des in den Magen gelangenden Bissens zu reguliren vermag, eine gewiss nicht zu unterschätzende Eigenschaft.

Ferner besitzt der menschliche Mundspeichel bekanntlich ein Verdauungsferment, das Stärke in wasserlösliche Substanzen — Amidulin, Dextrine, Maltose — überführt, das Ptyalin. Im Hinblick auf die Thatsache, dass der Mensch gewöhnlich über die Hälfte seines Gesammtkraftbedürfnisses durch die Aufnahme von Amylum bestreitet, sollte man gerade von der amylolytischen Thätigkeit des Speichels bedeutenden Nutzen für die Verdauung erwarten. Doch ist nach der herrschenden Ansicht die Rolle des Speichels eine geringe. So schreibt z. B. der gerade in der Verdauungschemie hervorragende Physiologe *Neumeister:* „Der Mundspeichel könnte wohl infolge seines Ptyalingehaltes die Stärke und das Glycogen verändern, aber die Zeit seiner Einwirkung während des Kauens ist viel zu kurz für eine in Betracht kommende Zuckerbildung. Denn sobald die stärkehaltigen Speisen in den Magen befördert sind, hört die Einwirkung des Ptyalins schnell auf, weil sie durch den sauren Magensaft sistirt wird. Säuren von einigermassen erheblicher Concentration zerstören nämlich das Ptyalin. Daher erklärt es sich, dass selbst nach reichlichem Genuss von Stärkekleister nur Spuren von Zucker im Magen vorhanden sind. Die chemische Function des Speichels ist also beim Menschen ganz unwesentlich." [1] Aehnlich lauten die Urtheile vieler anderer Physiologen, indess ist diese Ansicht gänzlich unbewiesen, denn der obigen Beweisführung ist folgendes entgegen zu halten:

Erstens schliesst ein geringer Zuckergehalt des Mageninhalts nicht aus, dass ein grosser Theil der Stärke in Amidulin und Dextrine übergeführt worden ist, welche Verwandlung für die Verdauung gewiss

---

1) *Neumeister*, Lehrbuch der physiologischen Chemie. 2. Aufl. 1897. S. 287.

nicht ohne Bedeutung sein kann. Untersuchungen also, die die Speichelwirkung lediglich nach dem Zuckergehalt des Mageninhaltes beurtheilen, sind für unsere Frage nicht verwerthbar.

Zweitens, selbst unter der Voraussetzung dass alle durch den Speichel modificirte Stärke in Maltose übergeführt wurde, was nach den vorliegenden Untersuchungen der Wirklichkeit nicht entsprechen kann, giebt der Zuckergehalt des Mageninhalts keinen brauchbaren Massstab für die diastatische Wirkung des Speichels ab; denn wir wissen nach den Untersuchungen von *Mering*, dass der Magen Zucker sehr gut resorbirt. Aus diesem Grunde, und weil man nicht wissen kann, ein wie grosser Theil des Mageninhalts bereits in den Darm übergetreten ist, sind einfache Zuckerbestimmungen des Mageninhaltes nicht beweisend. Um in dieser Frage zu einem Ziel zu gelangen, müsste man nach der Methode verfahren, die *v. Mering*[1]) zur Prüfung der Resorptionsfähigkeit des menschlichen Magens vorgeschlagen hat: Einführung einer unresorbirbaren Substanz zugleich mit der auf ihre Resorptionsfähigkeit zu prüfenden, und zwar in einem bestimmten Verhältniss, und Beurtheilung der Resorption nach der Veränderung dieses Verhältnisses im ausgepressten Mageninhalt.[2])

Endlich geht die Beweisführung *Neumeister*'s von der unrichtigen Voraussetzung aus, dass die verschluckten ungespeichelten Bissen von dem säurehal-

---

4) Verhandlungen des Congresses für innere Medicin im Jahre S. 470.

2) Auf diesem Princip beruhende Untersuchungen über die Speichelwirkung im Magen sind zur Zeit von Herrn Privatdocenten Dr. *Müller* und Herrn Dr. *Masuygma* im Laboratorium der medicinischen Klinik in Angriff genommen.

tigen Magensaft in Empfang genommen wurden, so dass der Speichel keine Zeit habe, im Magen die Stärke zu saccharificiren. Der nüchterne Magen enthält aber normaler Weise so gut wie gar keine Salzsäure; auch bei der Verdauung tritt im Anfangsstadium keine freie Salzsäure auf: die ersten abgesonderten Quantitäten der Salzsäure dienen zur Neutralisation des alkalischen Speichels, ein weiterer Theil wird von dem Eiweiss und dessen Verdauungsproducten chemisch gebunden, und diese Verbindungen reagiren zwar sauer, verhalten sich aber dem Speichel gegenüber anders, als freie Salzsäure. Somit kann die Magenverdauung, wie es zuerst *R. van den Velden* [1]) dargethan hat, in zwei Perioden eingetheilt werden, deren erste durch Nichtvorhandensein freier Salzsäure und Vorherrschen der Speichelwirkung characterisirt ist. Diese Zeit, wo der Speichel in seiner amylolytischen Fähigkeit von der Säure nicht behindert wird, schätzt *Gamgee* auf 20—40 Minuten. [2])

Diese Ausführungen beweisen, wie ich glaube, dass die Ansicht von der geringen Bedeutung des Speichels für die Verdauung eine unbegründete ist, und dass neue Versuche in dieser Beziehung Klarheit schaffen können.

Um über die Intensität der Speichelwirkung ein Urtheil zu bekommen, liess man Speichel sowohl auf Stärkekleister, als auf rohe Stärke einwirken. Keines von beiden entspricht den thatsächlichen Verhältnissen der gewöhnlichen Ernährung; von practischer Bedeutung ist es, die Einwirkung des Speichels auf unsere Hauptnahrungsmittel, insbesondere auf das Brot zu

---

[1]) *Van den Velden*, „zur Lehre von der Wirkung des Mundspeichels im Magen". Zeitschr. für phys. Chemie Bd. III. p. 205.

[2]) *Gamgee*, Physiologische Chemie der Verdauung. 1897. S. 174.

untersuchen. Die Hauptfrage dabei ist: kann der Speichel in der kurzen Zeit, die seiner Wirksamkeit im Magen zugemessen ist, nennenswerthe Mengen von Brot lösen, resp. in einen löslichen Zustand überzuführen? Die Wichtigkeit dieser Frage wird sofort klar, wenn man bedenkt, dass für einen grossen Theil der Bevölkerung das Brot in der Ernährung eine weitaus grössere Rolle spielt, als das Fleisch, und in manchen Ländern das fast ausschliessliche Nahrungsmittel der ärmeren Klassen bildet.

Bei den grossen Schwierigkeiten, welche der Beobachtung der Amylumverdauung im Magen selbst entgegenstehen, wo Amylolyse, Resorption, Verdünnung des Chymus durch den Magensaft und Austritt des Mageninhalts in den Darm gleichzeitig vor sich gehen können, hielt ich es für zweckmässig, Versuche ausserhalb des Organismus anzustellen. Wenn man dabei die im lebenden Körper ablaufenden Processe auch nicht genau nachahmen kann, so hat man doch den Vortheil der einfachen und stets gleichen Versuchsbedingungen, die scharf gestellte Fragen klar zu beantworten vermögen.

I.

Versuche über das Lösungsvermögen des menschlichen Mundspeichels gegenüber Brot.

Die Versuchsanordnung war kurz geschildert die, dass eine bestimmte Menge Brot mit einer constanten Menge Speichels behandelt wurde, und nach gewisser Zeit die gelösten Bestandtheile abfiltrirt und ausgewaschen, und durch Trocknen des Rückstandes durch Wägung die gelöste Menge als Differenz des Anfangs- und Endgewichts bestimmt wurden. Zum Vergleich wurde die gleiche Menge Brot statt mit Speichel in derselben Weise

mit Wasser behandelt. Die Ausführung gestaltete sich folgendermassen:

Um ein gleichmässiges Ausgangsmaterial zu erhalten, wurde eine grössere Menge der untersuchten Brotsorte im Trockenschrank getrocknet, ziemlich fein gepulvert und in einer Flasche mit Glasstöpsel gegen Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt. Hiervon wurde zu den Versuchen je fünf Gramm Brot abgewogen und in einem Gläschen mit 20 cm^3 Speichel resp. Wasser versetzt. Der Speichel wurde sowohl zu diesen, wie auch zu allen anderen meinen Untersuchungen mittels der von *Sticker*[1]) angegebenen Methode, welche in Kauen eines feinporigen Schwammes und Anpressen desselben mit der Zunge gegen die Zähne besteht, gewonnen. Nach einer bestimmten Zeit wurde die Wirkung des Speichels durch Zusatz von 25 cm^3 einer 0,25 % Salzsäure sistirt, und nachdem sich das Brot zu Boden gesetzt hatte, die Flüssigkeit in ein vorher gewogenes Filter abgegossen. Dann wurde das Brot mit je 50 cm^3 Salzsäure zweimal gewaschen, dabei die Salzsäure immer auf ein Filter abgegossen, schliesslich das Brot selbst auf ein Filter gebracht und zum dritten Mal mit 50 cm^3 Salzsäure gewaschen. Die letzten Portionen waren, wie ich mich vielfach durch Verglühen überzeugte, fast vollkommen frei von gelösten Stoffen. Dann wurden die Filter, deren ich zu jedem Versuch in der Regel drei nahm, mit dem Brot im Trockenschrank bis zur Gewichtsconstanz getrocknet (be 70^0—80^0), gewogen und von diesem Gewicht das der Filter abgezogen. Salzsäure gebrauchte ich zum Auswaschen, um eine nachherige Wirkung des Speichels nicht aufkommen zu lassen, was immer geschah, wenn mit

---

[1]) *Sticker*, Ein mehrfaches Verfahren, grössere Mengen von Mundspeichel zu gewinnen. Münchener medic. Wochenschr. Nr. 9, 1897.

Wasser ausgewaschen wurde. Um gleiche Bedingungen herzustellen. wurden auch die mit Wasser statt Speichel angestellten Versuche mit Salzsäure ausgewaschen. Das Auswaschen dauerte in den zu vergleichenden Versuchen ungefähr gleich lange.

Von 5 gr Weissbrot erwiesen sich als gelöst, resp. löslich:

1) nach 15 Minuten langer Einwirkung von Speichel:

2,86; 2,76; 2,91,

im Mittel **2,84**, d. h. **57** % der Trockensubstanz;

2) nach 5 Minuten langer Einwirkung:

2,08; 2,00; 2,16,

im Mittel **2,08**, d. h. **42** % der Trockensubstanz;

3) nach Speicheleinwirkung von 1 Minute:

1,16; 1,27; 1,10,

im Mittel **1,18**, d. h. **24** % der Trockensubstanz;

4) Wasser statt Speichel genommen ergab als gelöst:

0,67; 0,66; 0,58,

im Mittel **0,64**, gleich **13** % der Trockensubstanz.

In gleicher Weise mit Speichel behandeltes Schwarzbrot:

5) nach 5 Minuten langer Speicheleinwirkung gelöst:

2,07; 2,07; 1,77,

im Mittel **1,97**, gleich **39** %.

In gleicher Weise mit Speichel behandelter Friedrichsdorfer Zwieback, der mehr Dextrine und Zucker enthält:

6) nach 5 Minuten langer Einwirkung von Speichel gelöst:

2,62; 2,49; 2,49,

im Mittel **2,53**, gleich **51** %.

7) Nach Wassereinwirkung erwies sich als löslich:

1,03; 1,10; 1,09,

im Mittel **1,07** oder **21%**.

Es führte also der Speichel in wenigen Minuten eine beträchtliche Menge, mehr als 40% des Brotes (57% im Versuch 1, 13% im Versuch 4) aus einer unlöslichen in eine lösliche Form über. Zwar waren die Bedingungen in meinen Versuchen in der Hinsicht günstiger als bei der natürlichen Verdauung, dass sowohl das Brot feiner zertheilt war, als auch die Speichelmenge eine zu grosse. Doch muss man bedenken, dass die Bewegungen des Magens, die eine fortwährende innige Mischung des Mageninhaltes bedingen, in meinen Versuchen fehlten. Die intensive und schnell vor sich gehende Einwirkung des Speichels auf das Brot kann jedenfalls keinem Zweifel unterliegen.

Da einige ältere Autoren, z. B. *Tiedemann, Gmelin, Hünefeld* (nach *Wright*[1]) dem Speichel eine besondere Lösung zuschrieben, das sie von seinem Salzgehalt ableiteten, so stellte ich Versuche an mit Speichel, dessen Ptyalin durch 24 stündiges Digeriren mit 5 cm³ 25% HCl (auf ca. 70 cm³ Speichel) vollkommen zerstört war, und der Stärke weder in Maltose, noch in Amidulin etc. umzuwandeln im Stande war nach seiner Neutralisation mit Natronlauge.

8) Dieser etwas verdünnte Speichel löste nach einer 1/4 stündlichen Einwirkung auf 5 gr Brot:

0,61; 0,64; 0,66,

im Mittel **0,64** oder **13%** der Trockensubstanz.

Es löste also der Speichel nur ebensoviel als Wasser unter den gleichen Bedingungen (s. Versuch 4),

---

[1]) *S. Wright*, Der Speichel in physiologischer etc. Beziehung. Wien 1844. S. 33.

wenn das Ptyalin des Speichels vorher zerstört war Es ist nur die amylolytische Thätigkeit des Speichels, welche das Brot zum grossen Theile löst.

Resultate dieser Versuche, tabellarisch zusammengestellt:

Brotsorte	Digerirt mit	Dauer der Digerirung	Gelöst				
			1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	Mittel	%
Weissbrot	Speichel	15 M.	2,86	2,76	2.91	2,84	57%
„	Speichel	5 M.	2,08	2,00	2,16	2,08	42%
„	Speichel	1 M.	1,16	1,27	1,10	1,18	24%
„	Wasser	—	0,66	0,67	0,58	0,64	13%
Schwarzbrot	Speichel	5 M.	2,07	2,07	1,77	1,97	39%
Fr. Zwieback	Speichel	5 M.	2,62	2,49	2,49	2,53	51%
„	Wasser	—	1,03	1,10	1,09	1.07	21%
Weissbrot	Speichel ohne Ptyalin	15 M.	0,61	0,64	0.66	0.64	13%

II.

Einfluss der amylolytischen Wirkung des Speichels auf die nachfolgende Wirkung des Magensaftes.

Die verhältnissmässig geringe Beachtung, die die amylolytische Function des Speichels allgemein findet, ist nicht zum geringen Theil darauf zurückzuführen, dass das Secret einer anderen Verdauungsdrüse, des Pancreas dieselbe amylolytische Fähigkeit besitzt, wie

der Speichel und sogar in einem noch höheren Grade daher scheint es ziemlich gleichgiltig, ob die Amylaceen vom Speichel zum Theil oder ganz verdaut werden, oder nicht, denn der Pancreassaft saccharificirt schliesslich während der langen Verweilszeit der Speisen im Darm mit Leichtigkeit alles, was der Speichel von den Amylaceen unverändert liess. Eine einfache Ueberlegung zeigt jedoch, dass der Mundspeichel vom Pancreassecret doch nicht so vollständig ersetzt wird, dass seine Function für den Organismus gleichgiltig wäre. Die Verdauung ist nicht eine mathematisch aufzufassende Summe von Einwirkungen einer Anzahl unabhängig von einander arbeitender Organe auf die Nahrung; bei einer solchen Addition gegebener Grössen hängt freilich die Summe von der Nacheinanderfolge der Factoren nicht ab. Bei der Verdauung dagegen ist jedes Organ in seiner Function mehr oder weniger auf die richtige Functionsverdichtung der anderen, besonders der höher liegenden angewiesen, welche durch ihre Einwirkung die Nahrung chemisch und mechanisch verändern. So kann es auch für den Magen unmöglich gleichgiltig sein, ob ein Theil seines Inhalts fest oder flüssig, resorbirbar oder nicht resorbirbar ist. Und der Theil, den der Speichel in diesem Sinne verändern kann, ist, wie wir oben beim Brot gesehen haben, ein bedeutender. Man kann also a priori mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit eine gewisse Abhängigkeit der Magenverdauung von der des Speichels annehmen.

In der älteren Literatur findet man nicht wenig Angaben zerstreut, die auf einen Zusammenhang zwischen der Function des Mundspeichels und der Magenverdauung hinweisen. Wenn man auch von solchen Beobachtungen, die sich vielleicht anders deuten lassen, absieht, so bleibt doch eine Anzahl übrig, die eine

Annahme eines solchen Zusammenhangs geradezu fordern. So heilte zum Beispiel, nach *Wright*, *Burserius* einen bis auf die Haut abgezehrten Menschen dadurch, dass er ihm das Spucken untersagte.[1]) Ebenso *Rinsch* nach Beseitigung eines Lippenleidens, das mit einer constanten Salivation verbunden war.[2]) So bemerkt *Wright*, der auch experimentell die Bedeutung des Speichels für die Anregung der Magensecretion zu führen suchte. „Ich selbst, sonst völlig frei von dyspeptischen Beschwerden habe im Verlaufe meiner Untersuchungen viel daran gelitten. Als ich einmal binnen einer Woche 250 Drachmen (ca. 1000 Gramm) entleerte, und zwar oft unmittelbar nach dem Mittagessen, verlor ich innerhalb 7 Tage elf Pfund von meinem Körpergewicht und war bedeutend geschwächt und abgemagert.[3]) Auch *Frerichs*[4]) giebt an, dass er constant Appetitlosigkeit, Druck im Epigastrium etc. fühlte, wenn er für seine Versuche bedeutende Mengen von Speichel entleeren musste. Neuerdings wies *Sticker*[5]) anlässlich eines Falles, wo die Anregung der versiegten Speichelabsonderung auch Hebung der Magenverdauung zur Folge hatte, auf den Zusammenhang beider hin und fand auf Grund ergänzender Experimente, dass ein Ausfall der Speichelzufuhr in den Magen eine Verminderung der Magensaftsecretion zur Folge habe. *Sticker* nahm an, dass der Speichel einen Reiz für den Magen bildet, welche Behauptung auch schon *Wright*

---

[1]) *Wright*, op. cit. S. 52.

[2]) Ebenda.

[3]) *Wright*, op. cit. S. 51.

[4]) *Frerichs*, „Verdauug" in Wagder's Handwörterbuch der Physiologie. 1853. Bd. III. S. 755.

[5]) *Sticker*, Wechselwirkung zwischen Mundspeichel und Magenfast. Volkmann's Vorträge 297. 1887.

aufstellte. *Biernacki*[1]) dagegen fand, dass das Kauen und Schlucken der Speisen, nicht aber der Speichel als solcher, die Magensecretion anregt.

Es blieb bei diesen Untersuchungen noch eine Möglichkeit, die oben angeführten Thatsachen zu erklären, unberücksichtigt, nämlich dass der Speichel auf die Speisen in der Weise wirke, dass sie sowohl die Secretion des Magens anregen, als auch der Einwirkung des Magensaftes zugänglicher geworden sind, und zwar letzteres entweder, indem der Speichel durch seine Alkalescenz, oder durch die Lösung der Stärke das active Vordringen der Salzsäure in die Bissen, so zu sagen die Diffusion der Salzsäure begünstigt; oder aber indem er durch die Lösung des Amylums das Eiweiss dem Magensafte erschliesst, eine Vermuthung, die sich schon bei *Frerichs* in seinem oben citirten Artikel findet. Ich habe Versuche angestellt, die sowohl das active Vordrängen der Salzsäure, als auch die Lösung der Eiweisskörper betrafen. Die Anordnung der Versuche und ihre Resultate waren folgende:

a) Versuche über den Einfluss des Speichels auf das spontane Vordringen der Salzsäure im Brotbissen.

Eine Reihe von Versuchen bestand darin, dass je 3 gr Brotpulver (s. oben) mit je 8 cm^3 Speichel, resp. Wasser versetzt wurden, dann zu einem rundlichen Bissen geformt, in ein Gazeläppchen gebunden und auf gleiche Zeit in Gläschen mit 50 cm^3 0,2 % Salzsäure suspendirt wurden. Statt der Salzsäure wurde auch Magensaft von entsprechender Acidität verwendet. Nach einiger Zeit wurden die Bissen herausgenommen,

---

[1]) *Biernacke*, Die Bedeutung der Mundverdauung für die Thätigkeit des gesunden und kranken Magens. Zeitschrift für klin. Med. Bd. XXI.

behutsam entzweigebrochen, und mit Lakmus- und Congopapier untersucht, wie weit in ihnen die Salzsäure vorgedrungen war. Diese Versuche ergaben kein positives Resultat. Obwohl der mit Speichel versetzte Bissen viel weicher und kleiner erschien, als der mit Wasser versetzte, wurde freie Salzsäure doch in beiden nur 2—3 mm von der Oberfläche gefunden, dabei in dem Wasserbissen in der Regel etwas tiefer. An der übrigen Bruchfläche wurde blaues Lakmuspapier schwach gerötet im Wasserbissen, rotes gebläut in dem Speichelbissen; beides ist ohne weiteres verständlich. Brot reagirt schwach sauer, Speichel ziemlich stark alkalisch.

Es wurden auch die Bissen nach ihrer Herausnahme aus der Salzsäure auf den Gehalt der aufgenommenen Säure untersucht. Ich liess die Bissen eine Minute lang abtropfen, brachte sie in destillirtes Wasser, wusch auch das Gazeläppchen sorgfältig aus und titrirte die auf 50 cm^3 gebrachten Flüssigkeiten mit $^1/_{10}$ n Baryt-Hydrat (Indicator-Phenolphtalein). Es ergaben sich folgende Resultate:

Dauer der Suspension	Menge des zum Titrieren der Säure verbrauchten $^1/_{10}$ n Ba $(HO)_2$	
	Speichelbissen	Wasserbissen
2 Stunden 5 Min.	5,8	6,7
3 Stunden 40 Min.	6,7	8,2
7 Stunden 10 Min.	7,8	8,2
1 Stunde im Brotschrank	5,7	6,2

Es imbibirte also das mit Wasser versetzte Brot regelmässig etwas mehr Säure. Ob der geringe

wechselnde Unterschied durch die Alkalescenz des Speichels hervorgerufen war, oder dadurch, dass der weniger feuchte Wasserbissen mehr Flüssigkeit ansog als der zum Theil durch die Amylolye verflüssigte Speichelbissen, mag dahin gestellt sein bleiben. Die Titration der von den 50 cm^3 Salzsäure übrig gebliebenen Flüssigkeit gab darüber keinen sicheren Aufschluss.

Ein drittes Verfahren, das der Untersuchung derselben Frage diente, war folgendes: Je 4 gr Brotpulver wurden mit 12 cm^3 Speichel, resp. Wasser versetzt. Nach 20—30 Minuten wurden je 20 Tropfen einer wässerigen Congolösung zugesetzt und durch Umrühren eine gleichmässige Färbung hergestellt. Mit dieser gefärbten breiigen Masse wurden Reagenzgläschen von gleicher Weite bis zur Hälfte gefüllt und darüber mittelst einer Pipette 5 cm^3 Salzsäure aufgegossen. An der Blaufärbung des mit Congolösung getränkten Brotes konnte man bequem das Vordringen der freien HCl beobachten. Da bei schwächeren Concentrationen die Säure sehr langsam eindrang, war ich genötigt, 5 % — 25 % zu nehmen, ein Analogieschluss wenigstens auf die Verhältnisse im Magen ist dabei doch wohl erlaubt.

Auch diese Versuche ergaben ein den vorigen ähnliches Resultat. Die Salzsäure drang in den beiden Reagenzgläschen gleich schnell, nebenbei bemerkt sehr langsam, ein, und nach 12—24 Stunden konnte gewöhnlich ein geringer Unterschied zu Gunsten des mit Wasser versetzten Brotes constatirt werden. Das Speichelbrot setzte sich etwas stärker ab, zog sich gleichsam zusammen, die Flüssigkeitsschicht über ihm wurde etwas grösser; die Strecke, welche von der freien Salzsäure zurückgelegt war, verkleinerte sich dadurch.

Somit war die Antwort auf die oben gestellte Frage im negativen Sinne ausgefallen, das spontane, von den Bewegungen des Magens unabhängige Eindringen der Salzsäure in den Speisebrei, wird durch die Mischung der Speisen mit Speichel und durch die Veränderungen, die sie chemisch und physikalisch durch die Thätigkeit des Ptyalins erleiden, nicht befördert, eher gehemmt. Doch geht dieses spontane Vordringen so langsam vor sich, dass, wäre die Antwort auch im entgegengesetzten Sinne ausgefallen, ihre practischen Folgerungen nur sehr gering wären.

Die viel weichere, gleichmässigere und feinkörnigere Consistenz des mit Speichel behandelten Brotes machten es sehr wahrscheinlich, dass die *Frerich*'sche Behauptung von der Erschliessung des Eiweisses für die Einwirkung des Magensaftes durch die Amylolyse, eine richtige ist, obwohl *Frerichs* selbst die Erbringung eines Beweises unterlässt. Doch ergaben auch hier die von mir angestellten Versuche, die allerdings einer Wiederholung, resp. Modificirung bedürfen, eine negative Antwort.

b) Versuche über die Frage, ob das Eiweiss des Brotes dem Magensaft durch die Speicheleinwirkung erschlossen wird.

Die Versuchstechnik war in diesen Versuchen die gleiche, wie bei den Versuchen über das Lösungsvermögen des Speichels. Nur wurden immer zu gleicher Zeit 4 Proben angestellt, und zwar die erste mit Wasser ($^1/_2$ St.) und Salzsäure, die zweite mit Wasser und Magensaft, die dritte mit Speichel und Salzsäure, die vierte mit Speichel und Magensaft behandelt. Zuerst wurde zu Probe I und II je 20 (bei Versuchen mit 10 Gramm Brot — 40) cm^3 Wasser, zu Probe III und

IV je 40 cm^3 Speichel (80 cm^3 auf einmal gewonnen). Nach halbstündigem Verweilen im Brutschrank (Speicheleinwirkung) wurde zu II u. IV je 25 (oder 50) cm^3 filtrirten, auf seine Verdauungskraft geprüften menschlichen Magensaftes, zugesetzt, dessen Acidität vorher auf 0,25 % gebracht wurde (durch Zusatz von Salzsäure). Ebenso kam in die Proben I und III statt des Magensaftes Salzsäure. Dann liess ich die Proben 4 Stunden im Brutschrank stehen. Nach Verlauf dieser Zeit erfolgte Herausnahme aus dem Brutschrank, Waschen mit 3 × 50 (oder 3 × 100) cm^3 auf Filtres, Trocknen und Wägen. Da in Probe I kein Verdauungssaft, in Probe II Magensaft eingewirkt hatte, so konnte die Differenz der Rückstände — bei I blieb mehr zurück — auf die Wirkung des Magensaftes bezogen werden. Ebenso ergab die Differenz zwischen III (Speichel) und IV (Magensaft und Speichel) das vom Magensaft nach der Amylolyse gelöste. War *Frerichs* Satz richtig, so musste III—IV grösser sein, als I—II; das Gegentheil war, wie folgende Zahlen zeigen, der Fall.

In den ersten Versuchsreihen nahm ich je 5 gr des gewöhnlichen Weissbrotes. Da die Trockensubstanz des letzteren etwa 10 % Eiweissstoffe enthält, also 5 gr — 0,5, und zudem in keinem Fall das ganze Eiweiss gelöst wurde durch den Magensaft, so lagen die Differenzen beinahe innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler. Deshalb wurde noch eine Versuchsreihe mit je 10 gr Aleuronatbrot vorgenommen. Zum Aleuronatbrot werden 50 gr Aleuronatmehl zu einem Brot von 500 gr verbacken. Es enthält also 10 % + 5 % — letzteres als Eiweissgehalt des Roggenbrotes — = 15 % Eiweiss, die Trockensubstanz noch mehr. Doch waren die Resultate die gleichen.

Versuche mit Weissbrot (5 gr).

Es löste	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	im Mittel
Magensaft ohne vorherige Amylolyse (I—II)	0,23	0,40	0,32	0,32 gr
Magensaft nach vorheriger Amylolyse (III—IV)	0,23	0,21	0,19	0,21 gr

Versuche mit Aleuronatbrot.

Es löste	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	im Mittel
Magensaft ohne vorherige Amylolyse	1,13	1,57	1,15	1,28 gr
Magensaft nach vorheriger Amylolyse	0,71	1,10	0,98	0,93 gr

Also auch hier ein den Erwartungen vollkommen entgegengesetztes Resultat. Der Magensaft scheint demnach durch die vorhergegangene Einwirkung des Speichels in seiner Thätigkeit gehemmt zu werden. Die Zahl der Versuche ist zu gering, um einen so weit gehenden Satz aufzustellen. Nach einem Fehler in der Versuchsanordnung spähte ich vergebens. Die Gleichheit der Bedingungen bei allen 4 Proben war auf das sorgfältigste durchgeführt. Dass die absoluten Zahlen der 3 Versuche mit Aleuronatbrot nicht übereinstimmen, erklärt sich ohne weiteres dadurch, dass erstens 2 verschiedene Magensäfte benutzt wurden, die eine verschiedene Wirksamkeit haben konnten, zweitens wurde für jeden der drei Versuche das Brot besonders pulverisirt (je 40 Gramm) und somit wohl die gleiche Zerkleinerung für die 4 Proben eines Versuchs,

nicht aber für die drei Versuche untereinander verbürgt war. Eine Möglichkeit der Erklärung dieser so überraschenden Resultate besteht noch in der Annahme, dass der Magensaft in Probe 4, also bei vorgehender Amylolyse, wohl ebensoviel Eiweiss löst, als der in Probe 2 (ohne Amylolyse), doch werden die gelösten Producte viel schwieriger ausgewaschen, da die Brotpartikelchen der Probe 4 kleiner sind als die der anderen. Letzteres war in der That der Fall; ein bedeutender Theil des Aleuronatbrotes der Probe 4 war in HCl-Wasser als feine Trübung suspendirt, die sich nur langsam absetzte, und auf dem Filter eine fast homogene sehr weiche Decke bildete. In den anderen Proben war davon kaum eine Spur zu bemerken.

III.

Der Einfluss der Salzsäure und der Salzsäure-Eiweissverbindungen auf die amylolytische Function des Speichels.

Wir sahen aus den Versuchen des ersten Abschnittes, dass die Menge der in lösliche Form übergeführten Kohlehydrate des Brotes in bedeutendem Masse von der Zeit abhängt, die der Speichel auf das Brot einwirkt. So waren nach 1 Minute löslich 24 %, in 5 Minuten 42 %, in 15 Minuten 57 % Weissbrot, oder nach Abzug von 13 %, die schon in Wasser löslich sind — 11 %, 29 %, 44 %.

Es geht demnach die Einwirkung des Speichels auf Brot viel langsamer vor sich, als bei der Umwandlung des Stärkekleisters, wo genügende Mengen Speichels vorausgesetzt, der grösste Theil der Sacchari-

ficirung schon in der ersten Minute stattfindet. [1]) Die Möglichkeit also, dass der Speichel auf das Brot eine bedeutende Wirkung ausübt, ist eine längere Einwirkungszeit; und dass dem Speichel eine solche gewährt wird, hängt davon ab, wie schnell freie Salzsäure im Magen auftritt und wie gross der Säuregehalt ist, bei dem die Amylolyse aufgehoben wird. Bezüglich des letzteren gehen die Meinungen der verschiedenen Autoren nicht unerheblich auseinander. Die meisten Angaben von *Brücke* [2]), *Hammarsten* [3]), *Nylén* [4]), *Boas* [5]), *Chittenden* und *Griswold* [1]) schwanken in den ziemlich engen Grenzen zwischen 0,05 % und 0,1 %. *Chittenden* und *Smith* [6]) dagegen fanden, dass schon 0,003 % freier HCl eine Saccharificirung der Stärke durch den Kleister vollständig verhindert. Die abweichenden Angaben dieser Autoren erklären sich vielleicht dadurch, dass sie den Speichel vorher genau neutralisirten, ob das auch die anderen gethan haben, war (*Hammersten* ausgenommen) nicht zu ersehen. Und auch in diesen Fällen fehlt die Angabe, welcher Indicator bei der Neutralisation ge-

---

1) *Chittenden* und *Griswold.* Ueber die diastatische Wirkung des Speichels. Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft 1882. S. 736.

2) *Brücke.* Sitzungen der K. K. Akademie der Wissenschaft. Wien III. Abth. April 1872.

3) *Hammarsten.* Die Einwirkung des Speichels auf Stärke. Maly's Jahresbericht Bd. I. S. 187.

4) *Nylén.* Beitrag zur Kenntniss der diastatischen Wirkung des Speichels. Hirsch-Virchow's Jahresbericht 1883.

5) *Boas.* Lehrbuch der Magenkrankheiten. I. Bd. S. 20. 1897.

6) *Chittenden* und *Smith.* Die diastatische Wirkung des Speichels bei verschiedenen Bedingungen. Maly's Jahresbericht. Bd. XV. 1885.

7) *Chittenden* und *Ely.* Einfluss von Peptonen und gewissen anorganischen Salzen auf die diastatische Wirkung des Speichels. Ber. der deutschen chem. Gesellschaft 1882. S. 2263.

braucht wurde. Die einzelnen Indicatoren aber verhalten sich dem Speichel gegenüber sehr verschieden.[1]) Einige Versuche, die ich anstellte, ergaben Zahlen, die denjenigen von *Chittenden* und *Smith* näher kommen, als den anderen. Ich neutralisirte den Speichel, nachdem ich seine Alkalescenz nach der von *Dieminger* ausgearbeiteten Methode bestimmt hatte.[2]) Bei dieser Methode wird der störende Einfluss der Kohlensäure beseitigt. Zu 10 cm^3 eines 2 % Stärkekleisters, aus Weizenstärke gewonnen, wurden 30 cm^3 Salzsäure und 5 cm^3 Speichel, vorher neutralisirt, zugesetzt. Dass Stärkekleister und Speichel vorher auf Zucker untersucht wurden, ist selbstverständlich. Nachdem die Gläschen eine Stunde im Brutschrank gestanden waren, wurde die weitere Speichelwirkung durch Zusatz von 10 Tropfen 25 % HCl sistirt. Die Flüssigkeit wurde erstens auf Vorhandensein von Zucker untersucht (Trommer'sche Probe, zweitens filtrirt und das Filtrat polarisirt. War der Stärkekleister unverändert, so gab er ein Filtrat, welches, wie ich mich durch Proben überzeugte, zu denen ich keinen Speichel zusetzte, optisch fast vollkommen unwirksam war.

Bei einem Säuregehalt von 0,005 fand ich noch deutliche Saccharification der Stärke. Bei 0,01 % wurde aber die Bildung von Maltose vollkommen aufgehoben. Wurde dagegen das Filtrat dieser Flüssigkeit polarisirt, so ergab sich, dass rechtsdrehende Substanzen in das Filtrat übergegangen waren, d. h. in der Flüssigkeit in gelöstem Zustande sich vorfanden. Die Rechtsdrehung betrug (im Ventzke-Soleil'schen Apparat) 0,6 bis 0,9 % als Glukose ausgedrückt, und

1) *Dieminger*. Beiträge zur Kenntniss des menschlichen Mundspeichels. Dissertation Würzburg 1898. S. 9 ff.

2) *Dieminger* op. cit. S. 40 ff.

da lösliche Stärke (Amidulin) und Dextrine, um die es sich handeln konnte, etwa 4 mal so stark drehen wie Dextose, so musste ihre Concentration im Filtrat 0,15—0,22 % betragen. Auf 45 cm^3 Flüssigkeit ergiebt das 0,07—0,1 Gramm, also $^1/_3$—$^1/_2$ der in der Flüssigkeit befindlichen Stärke wurde in eine lösliche Modification übergeführt, d. h. trotzdem keine Zuckerbildung stattfand, war die Wirkung des Speichels durch 0,01 % Säure nicht aufgehoben; das Ptyalin war in der Weise abgeschwächt, dass die Umwandlung der Stärke in Zucker nur bis zur Bildung von löslichen Zwischenproducten gedieh, es fand eine Amylolyse im buchstäblichen Sinne des Wortes statt, aber keine Saccharification.

Da in den ersten Stadien der Verdauung im Magen die saure Reaction nicht durch freie, i. e. durch Phloroglucin-Vanillin nachweisbare Salzsäure bedingt wird, sondern durch Verbindungen von Eiweiss und dessen Verdauungsproducten mit Salzsäure, welche Verbindungen *Gürber* als Bindung der HCl an eine Amidogruppe mit Freiwerden eines Carboxyls der Amidosäure auffasst; dieses Carboxyl bedingt die saure Reaction der Säureeiweissverbindungen,[1]) Wie verhält sich nun das Ptyalin gegenüber solchen Verbindungen? Die Angaben, die ich darüber in der Litteratur fand, sind spärlich. *Chittenden* und *Ely* (l. c.) sahen, dass Peptonzusatz die Wirkung des Speichels erhöht, und bei 0,025 % Säure überkompensirt das Pepton die hemmende Wirkung der Säure. An eine chemische Bindung der Säure haben *Chittenden* und *Ely* offenbar nicht gedacht, daher geben sie auch das Verhältniss der Peptonquantität zu der Salzsäure nicht näher an.

---

1) *Gürber.* Ueber die Rolle der Salzsäure bei der Pepsinverdauung. Sitzungsberichte der phys.-med. Gesellsch. 1895. 30. V.

Bei höherem Säuregehalt sahen sie keinen Einfluss der „Anwesenheit“ des Peptons. *Langley* und *Eves* [1]) sprechen sich auf Grund ihrer Versuche nur ganz allgemein dahin aus, dass dem schädlichen Einfluss der Säuren am besten durch Zusatz von Eiweisskörpern entgegengearbeitet wird. *Süssl* [2]) zeigte, dass wenn doppelt so viel Albumosen genommen werden, als für die Bindung der Säure nothwendig ist, letztere die Zuckerbildung nicht mehr hemmt. Doch theilt auch er über die Concentration der Säurealbumosenlösungen nichts näheres mit.

Ich stellte mir zur Aufgabe das Verhalten des Ptyalins gegenüber Säureeiweissverbindungen in der Weise zu untersuchen, dass dabei nicht blos auf die Bildung von Zucker, sondern auch auf die der löslichen Zwischenproducte geachtet wird. Die Versuchsanordnung war folgende: Zu 10 cm^3 eines 2 % Stärkekleisters wurden 30 cm^3 einer Salzsäurelösung zugesetzt, in der die ganze Salzsäure an Eiweiss gebunden war. Letzteres wurde durch Zusatz von Albumen ovi siccum (von *Merck* bezogen) zum Theil durch Zusatz von frischem Hühnereiweiss zu 0,5 % Salzsäure hergestellt; der Zusatz geschah so lange bis weder Congopapier, noch das Günzburgische Reagenz eine Reaction auf freie Salzsäure ergaben. Dann wurde die Säureeiweisslösung auf ihren Säuregehalt mit $^1/_{10}$ N Ba $(HO)_2$ titrirt (Indicator - Phenolphtalein) und durch entsprechende Verdünnung mit Wasser der gewünschte Säuregehalt hergestellt. Unter Säureeiweisslösung von 0,1 z. B. ist eine solche zu verstehen, von welcher ein be-

---

[1]) *Langley* und *Eves*. Ueber einige die diastatische Wirkung des Speichels beeinflussende Momente. Maly's Jahresbericht, Bd. 13.

[2]) *A. Süssl*. Einfluss der Albumosen auf die Zuckerbildung im Harn.

stimmtes Volumen zu seiner Neutralisation ebensoviel $^1/_{10}$ N Ba $(HO)_2$ lösung nöthig hat, wie ein gleiches Volumen einer 0,1 % Salzsäurelösung. Zu dem sorgfältig gemischten Stärkekleister und Säureeiweiss wurde 5 cm^3 Speichel zugesetzt und in ein anderes Gläschen mit demselben Gemisch statt des Speichels 5 cm^3 Wasser. Nach einstündigem Stehen im Brutschrank wurde ein Theil der Flüssigkeit (nach *Trommer)* auf Zucker untersucht, das andere filtrirt und polarisirt. Da Eiweiss nach links dreht, Amidulin, Dextrine und Maltose nach rechts, musste das Filtrat, welches ausser Eiweiss die löslichen Producte der Speicheleinwirkung auch Stärke enthielt schwächer nach links (oder auch gar nach rechts) drehen, als das Filtrat der anderen Flüssigkeit, die statt des Speichels Wasser enthielt. Die Differenz bei der Polarisation können mit Sicherheit auf die Amylolyse bezogen werden, da alle übrigen Bedingungen gleich waren. Das Resultat der Versuche war folgendes:

Die Rechtsdrehung betrug:

	Säureeiweissgehalt der Flüssigkeit	Rechtsdrehung*)
Keine Reduction:	0,05 %	0,7; 0,8
	0,066 „	0,8; 0,8; 0,8
	0,1 „	0,6; 0,7; 0,6
	0,133 „	0,0; 0,1; 0,0.

Also bei einer sauren Reaction, die derjenigen von 0,05—0,1 freier Salzsäure entspricht aber durch Säureeiweiss bedingt ist, kann das Ptyalin, wenn auch keinen Zucker bilden, so doch Stärke in lösliche Modificationen überführen. Diese Producte der abge-

*) als Proe Glukose am Ventzke-Soleil's Apparat abgelesen.

schwächten Ptyalinwirkung waren zum Theil lösliche Stärke, zum Theil Dextrine: bei Zusatz von Jod nämlich werden die ersten Tropfen entfärbt, da das Achroodextrin das Jod an sich reisst.

In gleicher Weise angestellte Versuche, wo statt Albumen ovi das unter dem Namen „Pepton Witte“ bekannte Albumosengemisch genommen wurde, ergaben gleichlautende Resultate:

Säurealbumosen der Flüssigkeit	Rechtsdrehung
0,66 %	0,7; 1,0
0,1 „	0,8; 0,7
0,13 „	0,4; 0,5; 0,2
0,2 „	0,0; 0,0.

Ob Zucker gebildet wurde konnte ich nicht mit Sicherheit entscheiden, da die Albumosen den Zuckernachweis erschwerten. Bezüglich der rechtsdrehenden Substanzen gilt auch hier das von den Säureeiweissverbindungen gesagte.

Wurde zum mit Säure gesättigten Albumosengemisch eine geringe Menge freier Säure zugesetzt, so hinderte sie die Ptyalinwirkung in hohem Grade. Die Rechtsdrehung der gelösten Substanzen betrug (Versuchsanordnung wie vorhin):

Säurealbumosen	Freie HCl	Rechtsdrehung
0,1 %	0,005 %	0,6; 0,3; 0,4
0,1 „	0,01 „	0,2; 0,3; 0,1
0,1 „	0,025 „	0,1; 0,0; 0,3 (?)
0,1 „	0,05 „	0,0; 0,0; 0,0.

Da die Bildung rechtsdrehender Substanzen durch freie Salzsäure in Anwesenheit von Eiweisskörpern ungefähr ebenso verhindert wird, wie wenn keine

Albumine und Albumosen zugegen sind, so kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass es sich nicht um eine Stimulirung des Ptyalins handelt, die die hemmende Wirkung der Säure „überkompensirt", sondern dass die Eiweisskörper durch Bindung der Säure das Ptyalin schützen, wie es auch *Chittenden* in einer späteren Arbeit angiebt[1]).

Diese Versuche lassen also schliessen, dass auch eine saure Reaction bis zu 0,13 %, wenn sie nicht durch freie HCl bedingt ist, sondern durch an Eiweissstoffe gebundene, die Wirkung des Ptyalins nicht aufhebt, sondern nur schwächt. Damit wird aber die Zeit, die seiner lösenden Thätigkeit zur Verfügung steht, noch um einen Abschnitt vergrössert und die Bedeutung des Speichels für die Verdauungsvorgänge im Magen erhöht.

Die Ergebnisse dieser Arbeit fasse ich zum Schluss in folgende Sätze zusammen:

I.

Der menschliche Speichel besitzt die Fähigkeit in relativ kurzer Zeit bedeutende Mengen — bis zur Hälfte eines unseres wichtigsten Nahrungsmittels, des Brotes in eine lösliche Form überzuführen.

II.

Diese Fähigkeit beruht auf der amylolytischen Wirkung des Ptyalins. Wird letzteres zerstört, so löst der Speichel nur die auch im Wasser löslichen Bestandtheile des Brotes.

---

[1]) *Chittenden* und *Smith*. Die diastatische Wirkung des Speichels bei verschiedenen Bedingungen. Maly's Jahresbericht Bd. XV. 1885.

III.

Die Einwirkung des Speichels auf das Brot scheint das Vordringen der Salzsäure in das letztere nicht zu erleichtern.

IV

Ebensowenig konnte bewiesen werden, dass durch die Einwirkung des Speichels die Eiweisskörper des Brotes dem Magensaft zugänglich gemacht werden.

V.

Schon geringe Mengen freier Salzsäure — 0,025 % heben die amylolytische Wirkung des Speichels vollkommen auf. 0,01 % hindert zwar die Bildung des Zuckers, nicht aber die der löslichen Zwischenproducte, der löslichen Stärke und der Dextrine.

VI.

Verbindungen von Säure und Eiweisskörpern bilden für das Ptyalin ein bedeutend schwächeres Hemmniss, als die freie Salzsäure. Entspricht die durch Säureeiweissverbindung bedingte sauere Reaction der von 0,05—0,13 % freier Salzsäure, so wird die Ptyalinwirkung in der Weise abgeschwächt, dass zwar keine Maltose, wohl aber Amidulin und Dextrine aus dem Stärkekleister gebildet werden.

Es obliegt mir noch die angenehme Pflicht Herrn Privatdocenten Dr. *J. Müller* für die Anregung zur Bearbeitung des Themas, sowie für die freundliche Unterstützung durch Rath und That, die er mir während meiner Arbeit zu Theil werden liess, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Ebenso danke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. *von Leube* für die Ueberlassung der Mittel des Laboratoriums und für die gütige Uebernahme des Referates.